

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-314262

(43)Date of publication of application : 05.12.1995

(51)Int.Cl.

B23P 19/02

(21)Application number : 06-116854

(71)Applicant :

ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.1994

(72)Inventor :

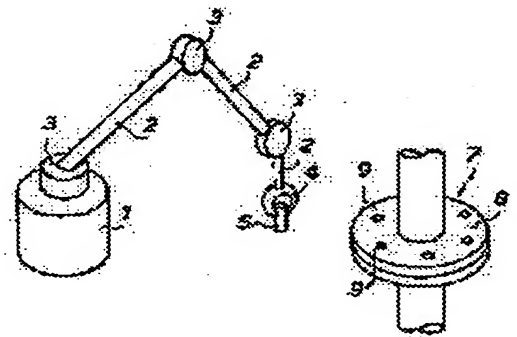
ANDO HIDEYUKI
HONDA FUMIAKI
KOIDE SEIJI

(54) PIN INSERTION AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To permit the pin insertion free from hindrance even in the outside under the severe environment or in an extreme situation, by detecting a reaction force which is applied on the pin from an objective substance, independently operating a plurality of fundamental operation elements under a certain reaction force condition, and operating the pin in correspondence with each condition.

CONSTITUTION: A control part for operating a cosmos robot 1 has three fundamental operation elements: (1) searches a pin holl 9 = randomly advances a pin 5 in the lateral-direction, when applied with a force from the advance direction of the pin 5, (2) changes the attitude of the pin 5 = returns the pin 5 and turns the pin 5 in the direction for reducing the moment, when the moment acts on the pin 5, and (3) advances the pin 5 = advances the pin 5 in the pin direction so far as being applied with a reaction force, and the cosmos robot 1 is operated by independently operating each element. Each fundamental operation element (1)-(3) independently operates and drives an actuator, for the input supplied from a sensor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-314262

(43) 公開日 平成7年(1995)12月5日

(51) Int.Cl.⁶

B 2 3 P 19/02

識別記号

P

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平6-116854

(22) 出願日 平成6年(1994)5月30日

特許法第30条第1項適用申請有り 1994年1月28日 社団法人日本機械学会発行の「第3回ダイナミクスに関するオーディオ・ビジュアルシンポジウム講演論文集」に発表

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 安藤 秀之

東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島

播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ
ー内

(72) 発明者 本多 史明

東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島

播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ
ー内

(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

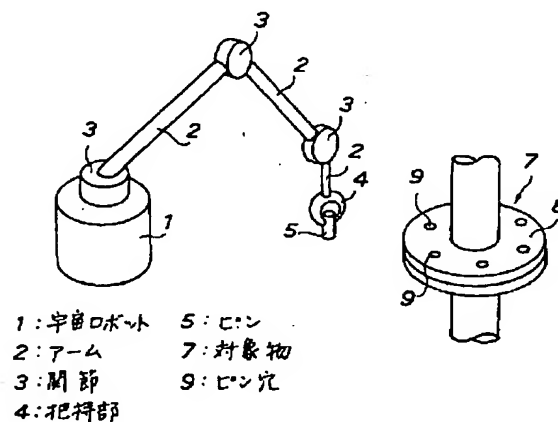
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ピン挿入方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 厳密な数値設定や計測・計算を不要とし、環境等から受ける制御誤差の影響がなく、ピンの長さやピン穴の位置が不明確でも行えるピン挿入方法を提供する。

【構成】 3つの基本動作要素、①「ピン穴を探す」=ピンの進む方向から力を受けたら、ピンをランダムに横方向に進ませる、②「ピンの姿勢を変える」=ピンにモーメントが働いたら、ピンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にピンを回転させる、③「ピンを直進させる」=反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、をそれぞれ独立に働かせ、各条件に応じてピンが運動することによってピンの運動がピン穴内に収束する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 位置移動・姿勢移動の運動自由度を有するロボットを使用して円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する方法において、ピンが対象物から受ける反力を検出し、その反力を条件とする3つの基本動作要素、

①「ピン穴を探す」＝ピンの進む方向から力を受けたら、ピンをランダムに横方向に進ませる、

②「ピンの姿勢を変える」＝ピンにモーメントが働いたら、ピンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にピンを回転させる、

③「ピンを直進させる」＝反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、
をそれぞれ独立に働かせ、各条件に応じてピンが運動することによってピンの運動がピン穴内に収束するようにしたことを特徴とするピン挿入方法。

【請求項2】 ピン先の方向から反力を受けたら、ピンを横方向多方向に進ませ、どの方向からも直ちに反力があればピン挿入が完了したものとして全ての基本動作を終了することを特徴とする請求項1記載のピン挿入方法。

【請求項3】 位置移動・姿勢移動の運動自由度を有するロボットを使用して円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する方法において、ロボットに大まかなピン穴の位置情報を与えてその位置まで移動させ、その近傍で対象物に沿ったランダムな方向にピンを横移動させながらピン先を対象物に向けて進退させ、反力が無い箇所をピン穴と判定することを特徴とするピン挿入方法。

【請求項4】 直線及び回転の複合動作を行うアーム部に物体を保持する保持部を設けたロボットを制御して、保持した円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する装置において、少なくともピンの先の方
向及びピンの横の方向からピンが受ける反力を検出する複数の力センサを上記ロボットに搭載し、

①「ピン穴を探す」＝ピンの進む方向から力を受けたら、ピンをランダムに横方向に進ませる、

②「ピンの姿勢を変える」＝ピンにモーメントが働いたら、ピンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にピンを回転させる、

③「ピンを直進させる」＝反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、
の3つの基本動作要素及び、

④「ピン挿入の完了を判定する」＝ピン先の方向から反力を受けたら、ピンを横方向多方向に進ませ、どの方向からも直ちに反力があればピン挿入が完了したもの
と判断する、

の終了判定要素を有し、それぞれの要素を独立に働かせて上記ロボットを運転する制御部を備えたことを特徴とするピン挿入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ロボットを使用してピンをピン穴に挿入する方法に係り、特に、厳密な数値設定や計測・計算を不要とし、環境等から受ける制御誤差の影響がなく、ピンの長さやピン穴の位置が不明確でも行えるピン挿入方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ピンを対象物に開けられた目的のピン穴に挿入する作業を自動化するためにロボットが導入される。ロボットの運動領域或いは対象物の大きさに対し、ピン及びピン穴の大きさが非常に小さいのが普通であるから、ロボットによって正確にピン挿入をさせるためには、ロボットにピン穴の精密な位置情報を与え、この位置情報どおりにロボットの運動を精度よく制御することが重要である。しかし、精密な位置情報を作ることや精度の高い運動制御を行うことは煩わしく、また、ピン穴の位置が僅かでもずれていたり、外的要因等によりロボットの運動に誤差が生じたりすると対応できない。また、ピン穴の位置が不定・不明であるようなものに対しては適用できない。

【0003】これに対し、ピン挿入完了までのロボットの運動軌跡を厳密に規定するのではなく、ロボットが対象物からの反力を検出し、この反力によってピンとピン穴とのずれを発見し、ずれを修正するようにピンを動かしてピンを挿入するようにした方法が知られている。

【0004】特開昭62-145305号は、組立部品と被組立部品との接触による反力を検出し、これを予め設定した目標値に近付くようにロボットの動作を算出するものである。

【0005】特開平4-46785号は、位置センサ、力センサを用い、挿入方向には位置制御、その他の方向には力制御として目標値からの偏差が小さくなるように制御し、ピンをピン穴になじませながら挿入するものである。

【0006】特開平4-256526号は、位置検出用治具を使用して穴の検出をするものである。位置検出用治具は軸をピン穴の軸に平行にして孔付近に押し当て、反力の無い部分を孔として検出するものである。

【0007】特開平4-348885号は、はめ合い作業において円柱状の部品を孔に接触させ、接触点を中心に回転させて力の変化を観察し、その結果から位置検出を行うものである。

【0008】これらの方法を導入することにより、ピン穴の位置情報は精密でなくても、ピン穴との位置ずれを修正してピンを挿入することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特開昭62-145305号は、反力の検出値が予め設定した目標値に近付くようにロボットの動作を算出している。検出

値にノイズがあると算出結果が正しくなくなるので、ノイズに弱い。ノイズはロボットの動作環境に大きく影響される。また、ピンが部分的にピン穴にかかっている状態からピン穴の探索を開始するので、ピンが全くピン穴にかかっていないとき困る。

【0010】特開平4-46785号は、力と位置とのハイブリッド制御のために演算が必要であり、上記例と同様に、検出値にノイズがあると算出結果が正しくなくなるので、ノイズに弱い。また、ピン穴位置が正確に判っている必要がある。

【0011】特開平4-256526号は、位置検出用治具でピン穴を検出した後、ピンをその位置まで運ぶので、ピンを運ぶとき変動があると困る。また、位置検出用治具はピン穴に平行にして作動させるので、ピン穴の方向が予めわかっていないと稼働できない。また、位置検出用治具が部分的にピン穴にかかっている状態からピン穴の探索を開始するので、位置検出用治具が全くピン穴にかかっていないとき困る。

【0012】特開平4-348885号は、上記例と同様に、ピンが部分的にピン穴にかかっている状態からピン穴の探索を開始するので、ピンが全くピン穴にかかっていないとき困る。

【0013】また、いずれの場合にあっても、ピンの長さを変更されると計算を変更する必要が生じるから、ピンの長さ変更に対する柔軟な対応に欠ける。また、ピン穴位置が変更等によって不明確になると対応できない。

【0014】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、厳密な数値設定や計測・計算を不要とし、環境等から受ける制御誤差の影響がなく、ピンの長さやピン穴の位置が不明確でも行えるピン挿入方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の方法は、位置移動・姿勢移動の運動自由度を有するロボットを使用して円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する方法において、ピンが対象物から受ける反力を検出し、その反力を条件とする3つの基本動作要素、

- ①「ピン穴を探す」＝ピンの進む方向から力を受けたら、ピンをランダムに横方向に進ませる、
 - ②「ピンの姿勢を変える」＝ピンにモーメントが働いたら、ピンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にピンを回転させる、
 - ③「ピンを直進させる」＝反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、
- をそれぞれ独立に働かせ、各条件に応じてピンが運動することによってピンの運動がピン穴内に収束するようにしたものである。

【0016】ピン先の方向から反力を受けたら、ピンを横方向多方向に進ませ、どの方向からも直ちに反力があ

ればピン挿入が完了したものとして全ての基本動作を終了するようにしてもよい。

【0017】また、位置移動・姿勢移動の運動自由度を有するロボットを使用して円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する方法において、ロボットに大まかなピン穴の位置情報を与えてその位置まで移動させ、その近傍で対象物に沿ったランダムな方向にピンを横移動させながらピン先を対象物に向けて進退させ、反力が無い箇所をピン穴と判定するものである。

10 【0018】本発明の装置は、直線及び回転の複合動作を行うアーム部に物体を保持する保持部を設けたロボットを制御して、保持した円筒状のピンを対象物に開けられたピン穴まで運んで挿入する装置において、少なくともピンの先の方向及びピンの横の方向からピンが受ける反力を検出する複数の力センサを上記ロボットに搭載し、

①「ピン穴を探す」＝ピンの進む方向から力を受けたら、ピンをランダムに横方向に進ませる、

20 ②「ピンの姿勢を変える」＝ピンにモーメントが働いたら、ピンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にピンを回転させる、

③「ピンを直進させる」＝反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、

の3つの基本動作要素及び、

④「ピン挿入の完了を判定する」＝ピン先の方向から反力を受けたら、ピンを横方向多方向に進ませ、どの方向からも直ちに反力があればピン挿入が完了したものとして判断する、の終了判定要素を有し、それぞれの要素を独立かつ同時並行に働かせて上記ロボットを運転する制御部を備えたものである。

【0019】

【作用】MIT（マサチューセッツ工科大学）が提唱するSSA（サブサンプリング・アーキテクチャ）によれば、個々の単純で確実な動作を統合して複雑な動作を作り、その積み上げによってより高度に複雑な動作、究極的には人が行うのと同程度に複雑な動作を得ることができる。本出願人は、この理念に基づき複雑なピン挿入の作業から単純で確実な動作を抽出した。即ち、「ピンを直進させる」、「ピンの姿勢を変える」及び「ピン穴を探す」の3つの基本動作要素である。各基本動作要素を全く独立に働かせることにより、ピン穴の探索からピン穴への円滑な挿入までの高度の動作が実現できた。また、「ピン挿入の完了を判定する」の終了判定要素を同時に働かせることにより、ピンがピン穴内に収束したとき直ちにピン挿入作業が終了できるようになった。

【0020】具体的には、①「ピン穴を探す」は、ピンの進む方向から力を受けたことを条件とし、条件が成立したときピンをランダムに横方向に進ませる基本動作要素であり、ピンがピン先の方向又は横方向に進んでいるとき、対象物（表面、段差の側部、ピン穴の側部など）

に当たってその方向への運動自由がなくなると、他の自由な横方向へ運動することを意味する。

【0021】②「ビンの姿勢を変える」は、ビンにモーメントが働いたことを条件とし、条件が成立したときビンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にビンを回転させる基本動作要素であり、ビンが対象物（表面、段差の側部、ビン穴の側部など）にななめに当たっているとき、表面に対し立つように、或いは側部に対し沿うように姿勢を変えることを意味する。

【0022】③「ビンを直進させる」は、反力を受けないことを条件とし、この条件が成立している間はビンをビン先の方向に進ませる基本動作要素であり、ビンが対象物から離れているとき、対象物に当たるように前進することを意味する。

【0023】以上の基本動作要素をそれぞれ独立に働かせると、まず③によってビンが対象物に当たるまで前進し、当たったときに①又は②の条件が成立する。①によってビンが自由な横方向へ運動し、また、②によってビンの姿勢が変わり、ビン先が自由になると、再度③によってビンが対象物に当たるまで前進する。このような試行錯誤によりビンがビン穴上に来たときには反力を受けなくなるので③が働いてビンがビン穴内に入る。このときビンの姿勢がビン穴に一致していないと、ビン先がビン穴の側部に当たりビンにモーメントが働くので、②によって姿勢が変わる。次いで③が働いてビンがビン穴内に以前よりも深く入る。この繰り返しによりビンの運動がビン穴内に収束する。

【0024】④「ビン挿入の完了を判定する」は、ビン先の方向から反力を受けたことを条件とし、条件が成立したときビンを横方向多方向に進ませ、どの方向からも直ちに反力があればビン挿入が完了したものと判断する終了判定要素である。即ち、ビン先が対象物の表面かビン穴の底部に当たっているとき、周囲に運動自由があるかどうかを調べてビンがビン穴内にあることを確認するものである。従って、上記3つの基本動作要素の働きによりビンの運動がビン穴内に収束したとき、④の働きによりビン挿入の完了が確認される。

【0025】以上の方法によれば、全ての要素が独立に、それぞれ自分に必要な反力の条件のみをチェックしその条件によって働く（同時に働くこともある）ので、ビン穴の位置や運動軌跡を厳密に規定する必要がないのみならず、厳密な計測・計算に基づいて運動を制御する必要がなく、環境等から受ける制御誤差がない。また、各要素はビンの長さには左右されずに働く。そして、ビン穴の位置が不明確であっても、ビン穴を捜し出すことができる。従って、ビンの長さやビン穴の位置が変更された場合などの新しい行動に柔軟に対応できる。

【0026】次に、ビン穴を探すに際して、単にビンを運動自由の方向へ横移動するのではなく、積極的にビン穴を探す方法として、視認できないときに人が行うのと

同じように対象物をランダムにつつく方法がある。この場合、ロボットには大まかなビン穴の位置情報を与えておく。ロボットはその大まかなビン穴の位置まで移動し、その位置まで来たら探索を開始する。探索は、その位置の近傍で対象物に沿ったランダムな方向にビンを横移動させながらビン先を対象物に向けて進退させる。即ち、まず、ビン先を対象物に向けて進ませる。ビンが対象物の表面（ビン穴以外の箇所）に当たると反力が得られる。ここで一旦ビン先を退かせ、ビンを対象物に沿ったランダムな方向に横移動させてからビン先を進ませる。これを繰り返すことにより、ビンが大まかなビン穴の位置の近傍でランダムな方向に横移動していることから、ビン穴の直上にくることがある。この場合、ビン先を進ませても反力が得られない。このようにして反力が無い箇所をビン穴と判定することにより探索が完了する。この方法では、ロボットに大まかなビン穴の位置情報を与える必要があるが、厳密な位置情報は必要なく、また、ビンを運動させるための厳密な計測や計算も不要である。

【0027】

【実施例】以下本発明の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

【0028】図1に示されるように、宇宙空間で稼働する宇宙ロボット1は、複数のアーム2と関節3と把持部4とを備え、直交する3方向及びその周りの回転方向からなる6軸の運動自由度を有している。宇宙ロボット1は、把持部4に把持したビン5等の物体を任意の方向に位置移動・姿勢移動することができる。この実施例では、対象物7である宇宙構造物のフランジ8に開けられた穴（ビン穴）9にボルトを挿入することに使用される。このほかに、実験装置を宇宙構造物に装着する際のベグ挿入に使用することもできる。ボルト、ベグ等は円筒状のビン5として扱われ、把持部4はこのビン5をビン5の軸が下記の力センサの感度方向に一致するように把持することができる。

【0029】この宇宙ロボット1には、図示しないが、ビンの先の方向（軸方向）からビン6が受ける反力を検出する力センサと、ビンの横の方向（軸に直交する方向）からビン6が受ける反力を検出する周方向に等間隔に配置された4個又は8個の力センサとが搭載されている。ビンの先の方向からの反力とビンの横の方向からの反力とからモーメントを検出することもできる。また、ビン5の位置・姿勢を検出する位置・姿勢センサが搭載されている。

【0030】宇宙ロボット1を運転する制御部は、

①「ビン穴を探す」＝ビンの進む方向から力を受けたら、ビンをランダムに横方向に進ませる、

②「ビンの姿勢を変える」＝ビンにモーメントが働いたら、ビンを戻し、そのモーメントを減少させる方向にビンを回転させる、

③「ピンを直進させる」=反力を受けない限り、ピンをピン先の方向に進ませる、
の3つの基本動作要素及び、

④「ピン挿入の完了を判定する」=ピン先の方向から反力を受けたら、ピンを横方向4方向に十字型、又は8方向に米字型に進ませ、どの方向からも直ちに反力があればピン挿入が完了したものと判断する、の終了判定要素を有し、それぞれの要素を独立に働かせて宇宙ロボットを運転することができる。図3に示されるように、各基本動作要素は、センサ3.1からの入力に対し、それぞれ独立に働いてアクチュエータ3.2を駆動することができる。各基本動作要素は、センサ3.1からのデータにはノイズが含まれているので、このデータに基づく厳密な制御は行わず、簡単なしきい値判定のみを行い、しきい値判定の結果から動作するかしないかを判断する。各基本動作要素は、いずれも図4に示されるように単純な流れ構造を有している。この流れによると、まず、入力データを受けとり、この入力データをしきい値判定に適した形にデータ加工する。そして、加工したデータがしきい値を越えていれば出力データを作成し、アクチュエータ3.2に出力する。

【0031】制御部は、図2に示したSSAモデルのレベル2～3層として構成されており、図2を詳しく説明すると、図の左側がセンサ等からの入力であり、右側がアクチュエータへの出力であり、その中間で行われる処理は5つのレベルに階層化されている。最高のレベル5層は人が行うピン挿入動作に相当し、レベル4層はカメラ等の光学的な手段によりピン穴の大まかな位置及びピン穴の姿勢を認識する動作に相当するが、ここではレベル4～5層が人と同程度の監督装置2.1で構成され、監督装置2.1より宇宙ロボット1.1に対しピン挿入の指示2.2を発生するようになっている。

【0032】レベル3層には、①「ピン穴を探す」の基本動作要素が属している。レベル2層には、②「ピンの姿勢を変える」及び③「ピンを直進させる」の基本動作要素と④「ピン挿入の完了を判定する」の終了判定要素とが属し、さらに、反力の履歴を記憶する履歴装置2.3が属している。反力を検出する力センサ2.4及び位置・姿勢センサ2.5もレベル2層に属している。

【0033】レベル1層には、公知のメカニカルコンプライアンス2.6と、各軸のアクチュエータ2.7とが属している。

【0034】次に実施例の作用を述べる。

【0035】まず、各要素の動作を場合に別けて説明する。

【0036】図5(a)～図5(e)は、ピン5が対象物7に開けられたピン穴9に近付いたときの、ピン先の方向への進行に対する反力の状態を示している。図5(a)の場合、ピン5が対象物7の表面(ピン穴9以外の箇所)に垂直に当たっているため、反力は、ピンの進

む方向=ピン先の方向から受ける。従って、①「ピン穴を探す」と④「ピン挿入の完了を判定する」とが反応する。図5(b)はピン5が対象物7の表面に斜めに当たっている場合であり、図5(c)はピン5がピン穴9の縁に当たっている場合である。いずれの場合も、①と④とが反応する。

【0037】図5(d)はピン5がピン穴9の側壁に当たっている場合であり、図5(e)はピン5がピン穴9の側壁と縁とに当たっている場合である。図5(b)、図5(d)及び図5(e)の場合、ピン5にモーメントが働くので、②「ピンの姿勢を変える」が反応する。図5(b)の場合、モーメントを減少させる方向は、モーメントの方向と反対方向であり、図5(d)及び図5(e)の場合、モーメントを減少させる方向は、モーメントの方向と同一方向である。この違いは、ピン5がピン穴9内にあるか外にあるかによって生じる。そこで、履歴装置2.3がピンの進行方向の反力の履歴を記憶し、この履歴からピン5がピン穴9内にあるか外にあるかを判別する。例えば、進行方向の反力が急に現れた場合、ピン5がピン穴9外にあると判別する。

【0038】次に、ピン挿入の動作を説明する。

【0039】図6において、ピン5は最初、③の働きによって前進しており、経路6.01を経て対象物7に当たる。①及び④の働きによって経路6.02を開始するが、④は直ちに解消され、①も解消され、③が働いて経路6.03を経る。ここでもピンが対象物7に当たり、ピンが横方向に進められるが、この例のように経路6.04によって後戻りすることもある。その後、経路6.05、6.06、6.07を経て、ピン先がピン穴内に入り側壁に当たる。今度は、②の働きによって経路6.08を経て姿勢がやや立ち上げられる。続いて、③が働いて経路6.09、再び②が働いて経路6.10、③が働いて経路6.11を経てピン先がピン穴底部に着く。ここで④が働いて、ピンの横方向、即ちピン穴の径方向4方向に十字型にピンが動かされ、どの方向からも直ちに反力があるのでピン挿入の完了が判定される。

【0040】上記のような宇宙ロボット1.1にあっては、把持部4を移動すると各アーム2、関節3、把持部4及びピン4の運動量に応じて宇宙ロボット1を含む全体が複雑に移動するので、把持部5を所望の位置に移動させようとするとき、位置決め精度が低い。従って、ピン挿入に際して、厳密な計測・計算に基づいて運動を制御する必要があった。本発明の方法によれば、全ての要素が独立に、それぞれ自分に必要な条件のみをチェックしその条件によって働く(同時に働くこともある)ので、ピン穴の位置や運動軌跡を厳密に規定する必要がないのみならず、厳密な計測・計算に基づいて運動を制御する必要がなく、環境等から受ける制御誤差がない。また、各要素はピンの長さには左右されずに働く。そして、ピン穴の位置が不明確であっても、ピン穴を捜し出すこと

ができる。従って、ピンの長さやピン穴の位置が変更された場合などの新しい行動に柔軟に対応できる。

【0041】次に、他の実施例を説明する。

【0042】図1の宇宙ロボット1には大まかなピン穴9の位置情報を与えておく。宇宙ロボット1はその大まかなピン穴の位置まで移動し、その位置まで来たら探索を開始する。探索は、図7に示されるように、その位置の近傍で対象物7に沿ったランダムな方向にピン5を横移動させながらピン先を対象物7に向けて進退させる。即ち、まず、ピン先を対象物7に向けて進ませる（経路701）。ピン5が対象物7の表面（ピン穴以外の箇所）に当たると反力が得られる。ここで一旦ピン先を退かせ、ピンを対象物7に沿ったランダムな方向に横移動（経路702、704等）させてからピン先を進ませる（経路703）。これを繰り返すことにより、ピン5が大まかなピン穴の位置の近傍でランダムな方向に横移動していることから、ピン穴の直上にくることがある。この場合、ピン先を進ませても反力が得られない（経路705）。このようにして反力が無い箇所をピン穴と判定する。

【0043】この方法では、宇宙ロボット1に大まかなピン穴9の位置情報を与える必要があるが、厳密な位置情報は必要なく、また、ピン5を運動させるための厳密な計測や計算も不要である。

【0044】なお、上記のように実施例として、ロボットを宇宙空間で使用する例を説明したが、本発明は、環境の厳しい屋外や極限状況でも適用可能であり、一般の組み立てロボットに適用することは勿論可能である。

【0045】

【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

*【0046】（1）厳密な数値設定や計測・計算が不要なので、制御が容易であると共に、環境等から受ける制御誤差の影響がないので、環境の厳しい屋外や極限状況でも支障なくピン挿入ができる。

【0047】（2）ピンの長さやピン穴の位置が不明確でもピン挿入が行えるので、ピンの長さやピン穴の位置が変更された場合などの新しい行動に柔軟に対応できる。

【0048】（3）基本動作要素をそれぞれ独立に働かせて高度に複雑な動作を達成しているので、新たな機能を加えたり、変更したりする場合、基本動作要素を追加、削除するだけで対応できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す宇宙ロボット及び対象物の斜視図である。

【図2】本発明のSSAモデルのブロック図である。

【図3】本発明の基本動作要素の入出力構造図である。

【図4】本発明の基本動作要素の流れ図である。

【図5】本発明のピン穴近傍でのピンの各種状態を示す側面図である。

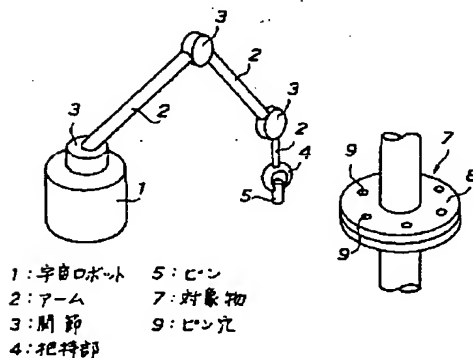
【図6】本発明のピン挿入の動作による軌跡図である。

【図7】本発明のピン穴探索の動作による軌跡図である。

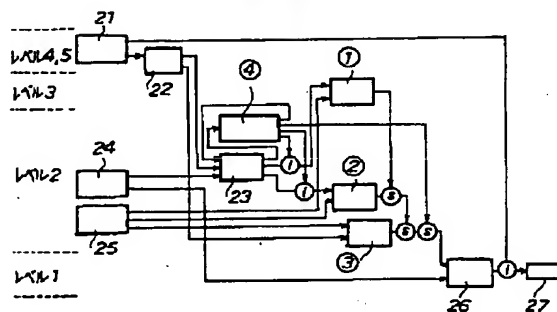
【符号の説明】

- 1 宇宙ロボット
- 2 アーム
- 3 関節
- 4 把持部
- 5 ピン
- 7 対象物
- 9 ピン穴

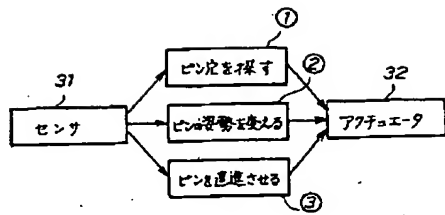
【図1】



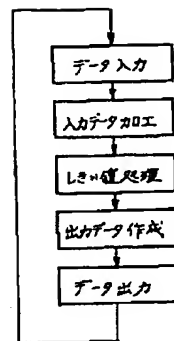
【図2】



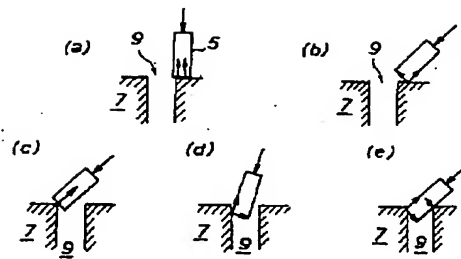
【図3】



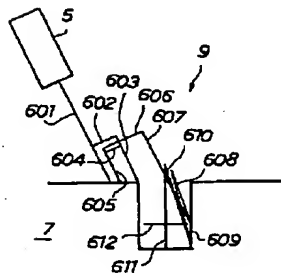
【図4】



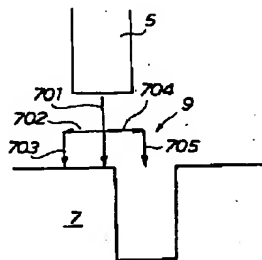
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 小出 誠二

東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島
播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ
ー内